

УДК 691:620.1

К.В. БОНДАРЬ

Беларусь, Брест, БрГТУ

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ АММОНИЯ ВО ВЛАЖНОМ БЕТОНЕ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ МЕШАЮЩИХ ИОНОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ

В 2015 году в период с января по октябрь только в Брестской области было введено в эксплуатацию 823,3 тысяч квадратных метров жилья [1]. Основным материалом строительной отрасли по-прежнему остается бетонные и железобетонные изделия и конструкции. Для регулирования свойств бетона, бетонной смеси и экономии цемента применяют различные добавки. Их подразделяют на два вида: химические добавки (модификаторы), вводимые в бетон в небольшом количестве (от 0,1 % до 2 % от массы цемента) и изменяющие в нужном направлении свойства бетонной смеси и бетона, и тонкомолотые добавки (от 5 % до 20 % и более), используемые для экономии цемента, получения плотного бетона при малых расходах цемента и повышения стойкости бетона [2, с. 45]. Применение химических добавок является одним из наиболее универсальных, доступных и гибких способов управления технологией бетона и регулирования его свойств. Следует отметить, что количество химических модификаторов бетонных смесей и бетонов и объемы их применения на заводах Беларуси постоянно растут. Например, при возведении Национальной библиотеки до 70 % бетона было уложено с применением различных химических добавок, при строительстве атомной станции бетона с добавками укладывается до 90 % [3]. Химический состав добавок-модификаторов зачастую скрыт производителями, поэтому вопрос их идентификации и исследования состава является актуальным.

Автором были проведены исследования по определению ионов аммония в водных вытяжках образцов влажного бетона с введением и без введения добавок-модификаторов. Необходимость исследований обусловлена токсическим действием аммиака на организм человека вследствие

миграции этого газа из бетона и железобетонных конструкций в воздушную среду помещений готовых зданий.

Предварительно были изучены действующие технические нормативные правовые акты, регламентирующие проведение химического анализа по определению ионов аммония. Приоритет отдавался экономически доступным, экспрессным, хорошо воспроизводимым методикам.

Предложенная нами методика выполнения анализа было основана на потенциометрическом определении ионов аммония с использованием ионоселективных электродов. Сущность метода заключается в измерении электрического потенциала, возникающего между аммоний-селективным электродом и электродом сравнения. Аммоний-селективный электрод использует гидрофобную газопроницаемую мембрану для отделения раствора образца от раствора, заполняющего электрод. Растворенный аммиак проходит через мембрану и вызывает изменение рН раствора электролита с другой стороны мембраны, которое улавливается внутренним рН-электродом ионоселективного электрода. Изменение рН пропорционально количеству растворенного аммиака и может быть измерено иономером и приведено к концентрации аммиака.

Отбор проб производился на одном из заводов-производителей железобетонных конструкций и изделий г. Бреста, после чего пробы герметично упаковывались и доставлялись в химическую лабораторию. В результате отбора проб было подготовлено 6 образцов, которые представляли собой мокрый (не затвердевший) тяжелый конструкционный бетон в возрасте 2 ч после замеса строительного раствора без добавок (2 образца), с использованием комплексных добавок (4 образца). Затем готовились вытяжки из проб каждого образца в соотношении 10 г и 20 г бетона на 200 мл дистиллированной воды. Водные вытяжки выстаивались в течение 24 часов, а затем отфильтровывались. Все используемые материалы и оборудование соответствуют методике выполнения измерений [4].

Для количественного определения содержания ионов аммония была построена калибровочная кривая, величина достоверности аппроксимации составила $R^2(\text{NH}_4^+) = 0,9691$. Полученные данные по определению ионов аммония во влажном бетоне представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание свободных ионов аммония в водных вытяжках влажного бетона (ВБ).

Образец	Добавка	m(ВБ), г/200 мл раствора	рН	t, °С	Концентрация ионов аммония		
					pNH_4^+	$\text{c}(\text{NH}_4^+),$ М	$\text{c}(\text{NH}_4^+),$ г/1 кг ВБ
1Б БД	–	9,9577	11,65	19,8	3,390141	0,000407	0,146609

Продолжение таблицы 1

1Б П4	Универсал-П4	10,1403	12,32	19,6	3,387445	0,000410	0,147522
1Б ГП9а	Хидетал-ГП-9а	10,0990	12,02	19,6	3,252616	0,000559	0,201227
2Б БД	–	20,0493	12,07	19,8	3,093517	0,000806	0,145129
2Б П4	Универсал-П4	20,0241	12,04	19,6	3,255312	0,000556	0,099991
2Б ГП9а	Хидетал-ГП-9а	20,0982	12,30	19,6	3,468342	0,000340	0,061225

Потенциометрическое определение показало наличие ионов аммония в водных вытяжках мокрого бетона в следовых количествах как в образцах без добавок, так и в образцах с добавками. Поскольку применимость вышеупомянутой методики и потенциометрического метода ограничена наличием мешающих ионов, были проведены дополнительные исследования на наличие ионов натрия и калия в водных вытяжках, что обусловлено обратимостью ионоселективного электрода для определения ионов аммония на ионы натрия и калия и их нахождением в одной аналитической группе (первой и по сероводородной, и по кислотно-основной классификации).

Для количественного определения содержания мешающих ионов натрия и калия были построены калибровочные кривые, величины достоверности аппроксимации составили $R^2(\text{Na}^+) = 0,9989$ и $R^2(\text{K}^+) = 0,9970$, соответственно. Полученные данные по определению мешающих ионов натрия и калия во влажном бетоне представлены в таблицах 2 и 3 соответственно.

Таблица 2 – Содержание мешающих ионов натрия в водных вытяжках влажного бетона (ВБ).

Образец	Добавка	m(ВБ), г/200 мл раствора	pH	t, °C	Концентрация ионов натрия		
					pNa	c(Na ⁺)	c(Na ⁺), г/1 кг ВБ
1Б БД	–	9,9577	11,65	19,8	3,5085	0,000310	0,142645
1Б П4	Универсал-П4	10,1403	12,32	19,6	3,2467	0,000567	0,260650
1Б ГП9а	Хидетал-ГП-9а	10,0990	12,02	19,6	3,3419	0,000455	0,209343
2Б БД	–	20,0493	12,07	19,8	3,2433	0,000571	0,131349

Продолжение таблицы 2

2Б П4	Универсал-П4	20,0241	12,04	19,6	2,9662	0,001081	0,248615
2Б ГП9а	Хидетал-ГП-9а	20,0982	12,30	19,6	3,3198	0,000479	0,110136

Таблица 3 – Содержание мешающих ионов калия в водных вытяжках влажного бетона (ВБ).

Образец	Добавка	m(ВБ), г/200 мл раствора	рН	t, °С	Концентрация ионов калия		
					рК	c(K+)	c(K ⁺), г/1 кг ВБ
1Б БД	–	9,9577	11,65	19,8	2,84515	0,001428	1,114152
1Б П4	Универсал-П4	10,1403	12,32	19,6	2,75265	0,001767	1,378620
1Б ГП9а	Хидетал-ГП-9а	10,0990	12,02	19,6	2,73970	0,001821	1,420347
2Б БД	–	20,0493	12,07	19,8	2,44185	0,003615	1,409985
2Б П4	Универсал-П4	20,0241	12,04	19,6	2,44555	0,003585	1,398024
2Б ГП9а	Хидетал-ГП-9а	20,0982	12,30	19,6	2,55840	0,002764	1,078114

Согласно методике выполнения измерений [4], в анализируемых растворах не допускается содержание мешающих ионов натрия в концентрациях, превышающих концентрацию ионов аммония более чем в 300 раз, ионов водорода более чем в 200 раз. Определению мешает присутствие ионов калия в равных соотношениях с ионами аммония. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что концентрация ионов водорода и натрия не превышает вышеуказанных значений и не мешает потенциметрическому определению ионов аммония в образцах влажного бетона. Однако, концентрация ионов калия в несколько раз превышает концентрацию ионов аммония, что фактически делает данную методику неприменимой для идентификации ионов аммония во влажном бетоне.

Следует отметить, что ранее проведенные исследования по определению ионов аммония в добавках-модификаторах бетона, применяемых на заводах Республики Беларусь [5], показали применимость потенциметрического метода. Ограничения в данном случае можно отметить следующие: природа добавки-модификатора, нерастворимость в воде, а также выше обозначенные значения концентраций мешающих ионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белорусское телеграфное агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belta.by/regions/view/v-brestskoj-oblasti-v-15-gaza-perevypolnen-godovoj-plan-po-stroitelstvu-zhilija-171655-2015/>. – Дата доступа: 14.02.2016.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетона : учебник / Ю. М. Баженов. – 3-е изд. – М. : АСВ, 2002. – 500 с.
3. Юхневский, П. И. Об идентификации пластифицирующих добавок для бетонов / П. И. Юхневский, Г. Т. Широкий // Наука и техника. – 2015. – № 6. – С. 19–23.
4. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в воде и водных растворах потенциометрическим методом с помощью ионоселективных электродов «Эком-NH₄» : свидетельство об аттестации № 34-07 от 11.05.2007 : код регистр. ФР.1.31.2007.03516. – М., 2007. – 8 с.
5. Халецкая, К. В. Цементный бетон как источник аммиака в воздухе жилых помещений / К. В. Халецкая // Менделеевские чтения – 2015 : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 27 февр. 2015 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2015. – С. 100–105.